



Διερεύνηση της σχέσης μεταξύ μνήμης εργασίας και της νόσου του Πάρκινσον σε προσομοιωτή οδήγησης

Σοφία Βαρδάκη, Γιώργος Γιαννής, Κώστας Αντωνίου, Δημοσθένης Παύλου

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Ίων Μπεράτης, Νικόλαος Ανδρονάς, Σωκράτης Παπαγεωργίου

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Τομέας Μεταφορών & Συγκοινωνιακής Υποδομής

Δομή της παρουσίασης

- ✓ Εισαγωγή:
 - Νόσος του Πάρκινσον και οδήγηση
 - Έρευνα με προσομοιωτές
 - Μνήμη εργασίας
 - Σκοπός της έρευνας
- ✓ Μέθοδος έρευνας
 - Συμμετέχοντες
 - Σχεδιασμός του πειράματος
- ✓ Ανάλυση δεδομένων
- ✓ Συμπεράσματα
- ✓ Περιορισμοί της έρευνας
- ✓ Μελλοντική έρευνα



Οδήγηση και νόσος του Πάρκινσον

- Η ικανότητα οδήγησης μπορεί να επηρεαστεί από την εξασθένηση διαφόρων κινητικών, οπτικών, αντιληπτικών και γνωστικών λειτουργιών λόγω κανονικής γήρανσης, ή νευρολογικών διαταραχών (νόσος του Parkinson, νόσος Alzheimer) που είναι περισσότερο διαδεδομένες μεταξύ των ηλικιωμένων ατόμων.
- Η ηλικία και η ιατρική διάγνωση δεν έχουν επαρκή αξιοπιστία για την πρόβλεψη της ασφάλειας των οδηγών και των ατυχημάτων τους.
- Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την ικανότητα οδήγησης σε ασθενείς με PD συνδέονται περισσότερο με γνωστικά ελλείμματα.

Έρευνα με προσομοιωτές

- Κατανόηση των λαθών στην οδήγηση και των σχέσεών τους με το είδος και τον βαθμό της λειτουργικής εξασθένησης, και διάκριση των ατόμων με νευροεκφυλιστικές διαταραχές (Parkinson's/Alzheimer disease) από τα άτομα χωρίς νευρολογικές παθήσεις.
- Η σύνθετη δραστηριότητα της οδήγησης μπορεί να “αποδομηθεί” σε μεμονωμένες γνωστικές δεξιότητες που είναι απαραίτητες για την ασφαλή οδήγηση.



Μνήμη εργασίας (Working memory)

- ✓ Ο οδηγός θυμάται και εφαρμόζει οδηγίες πλοήγησης και κανόνες κυκλοφορίας, ενώ ταυτόχρονα ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του ελέγχου του οχήματος και στην πρόβλεψη και στην πρόληψη των συγκρούσεων.
- ✓ Είναι σημαντική για την αποφυγή της σύγχυσης η οποία μπορεί να οδηγήσει σε ατύχημα.
- ✓ Οι οδηγοί με προβλήματα μνήμης εργασίας είναι πιθανό να χαθούν, ή να μην ανταποκριθούν σωστά σε ασυνήθεις ή απρόσμενες καταστάσεις στην κυκλοφορία.
- ✓ Η εξασθένηση της μνήμης εργασίας είναι ένας σημαντικός δείκτης πρόγνωσης των ατυχημάτων με υπαιτιότητα.

Μνήμη εργασίας (Working memory) και νόσος του Πάρκινσον (PD)

- ✓ Η νόσος του Πάρκινσον συνδέεται με προβλήματα στις εκτελεστικές λειτουργίες
 - η λήψη αποφάσεων
 - η αναστολή (έλεγχος των παρορμήσεων)
 - η κρίση
 - ο προγραμματισμός των ενεργειών
 - η εναλλαγή μεταξύ αυτοματοποιημένων και ελεγχόμενων ενεργειών οδήγησης
- ✓ Εκτελεστικές λειτουργίες αλληλεπιδρούν με τη μνήμη εργασίας και με την προσοχή, που κατευθύνεται με βάση τα περιεχόμενα της μνήμης εργασίας.
- ✓ Η σχέση της μνήμης εργασίας και της οδήγησης σε ασθενείς με νόσο του Πάρκινσον δεν έχει διερευνηθεί επαρκώς.



Διερεύνηση της σχέσης μεταξύ μνήμης εργασίας και της νόσου του Πάρκινσον σε προσομοιωτή οδήγησης

Σκοπός

Να διερευνηθεί εάν οι διαφορετικές απαιτήσεις του έργου οδήγησης επηρεάζουν διαφορετικά οδηγούς με νόσο του Πάρκινσον έναντι μιας ομάδας οδηγών χωρίς διαγνωσμένες νευρολογικές παθήσεις ίδιας ηλικίας στην ικανότητα ανάκλησης μηνύματος σε πινακίδα σήμανσης

“Distract”/ “DriverBrain”

✓ “DriverBrain” - ΑΡΙΣΤΕΙΑ

Επιδόσεις οδηγών με εγκεφαλικές παθήσεις σε μη αναμενόμενα συμβάντα

✓ “Distract” - ΘΑΛΗΣ

Διερεύνηση αιτίων και επιπτώσεων της απόσπασης προσοχής του οδηγού με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης

✓ Διεπιστημονική ερευνητική ομάδα

- ΕΜΠ, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής,
- ΕΚΠΑ, Τμήμα Νευρολογίας, Ψυχιατρικής και Κοινωνικής Ιατρικής & Τμήμα Ψυχολογίας



Department of
Transportation Planning
and Engineering, NTUA



Department of Neurology, Psychiatry
and Social Medicine, UoA
Department of Psychology, UoA



European Union
European Social Fund



MINISTRY OF EDUCATION, LIFELONG LEARNING AND RELIGIOUS AFFAIRS
MANAGING AUTHORITY
Co-financed by Greece and the European Union



Κριτήρια που πρέπει να πληρούνται για τη συμμετοχή στην έρευνα “Distract”/ “DriverBrain”

- ✓ άδεια οδήγησης σε ισχύ και εμπειρία οδήγησης > 3 χρόνια,
- ✓ οδήγηση κατά τη διάρκεια του τελευταίου έτους: 2.500 χιλιόμετρα, τουλάχιστον μία φορά την εβδομάδα, τουλάχιστον 10 km / εβδομάδα
- ✓ κλινική εκτίμηση της άνοιας CDR score <2,

Κριτήρια αποκλεισμού:

Ψύχωση, σημαντική κινητική διαταραχή, ζάλη ή ναυτία κατά την οδήγηση, εγκυμοσύνη, αλκοολισμός, εξάρτηση από ουσίες, σημαντική διαταραχή της όρασης, οποιαδήποτε ασθένεια του κεντρικού νευρικού συστήματος εκτός των παθήσεων που διερευνώνται: νόσος Alzheimer, Parkinson's, Ήπια Νοητική Διαταραχή (MCI).

Διερεύνηση της σχέσης μεταξύ μνήμης εργασίας και της νόσου του Πάρκινσον σε προσομοιωτή οδήγησης

- **FOERST Driving Simulator FPF (1/4 cab)**

- ❑ 3 οθόνες LCD screens (40", 1920x1080pixels)
- ❑ Οπτικό πεδίο 170 βαθμών



- **Συμμετέχοντες**

- ❑ Ομάδα PD ήπιας έως μέτριας σοβαρότητας: 10 οδηγοί, 62.2(±8.4), άνδρες
- ❑ Ομάδα ελέγχου: 10 οδηγοί, 57.6(± 5.1), 7 άνδρες
- ❑ Μη στατιστικά σημαντικές διαφορές σε δημογραφικά χαρακτηριστικά:
ηλικία, εμπειρία, συχνότητα οδήγησης, αριθμός ατυχημάτων τα τελευταία δύο χρόνια

Νευροψυχολογικές δοκιμασίες

Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο ΑΤΤΙΚΟΝ

➤ Στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων

Frontal Assessment Battery ▪ επιτελικές-εκτελεστικές λειτουργίες

Hopkins Verbal Learning Test ▪ άμεση ανάκληση λεκτικού υλικού

Spatial Addition Test ▪ ενεργός μνήμη (μνήμη εργασίας),

Symbol Digit Modalities Test ▪ ταχύτητα επεξεργασίας πληροφοριών

Useful Field of View Subtest 3 ▪ επιλεκτική προσοχή

➤ Η ομάδα PD έχει δυσκολίες σε: μνήμη γεγονότων, προσοχή, εκτελεστικές λειτουργίες και μνήμη εργασίας.

Σχεδιασμός του πειράματος

Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής ΕΜΠ

- *Μέτρηση της επίδρασης στην ανάκληση μηνύματος σε πινακίδα σήμανσης των διαφορετικών απαιτήσεων οδήγησης που μεσολαβούν μεταξύ της παρουσίασης και της ανάκλησής του από τους οδηγούς με PD και τους οδηγούς της ομάδας ελέγχου.*



Σχεδιασμός του πειράματος

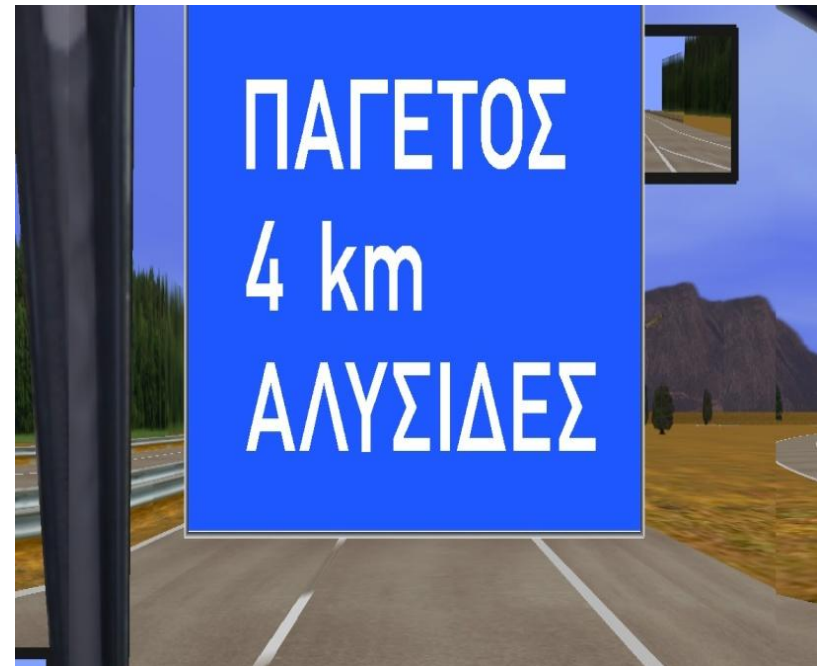
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής ΕΜΠ

- ✓ 3 δοκιμασίες, ~2min /δοκιμασία
- ✓ 1 μήνυμα ανά δοκιμασία 3 μηνύματα
- ✓ Το χρονικό διάστημα ανάμεσα στην παρουσίαση και στην ανάκληση του μηνύματος 100sec
- ✓ Τα μηνύματα εμφανίζονταν πριν από κάθε δοκιμασία για ένα σταθερό χρονικό διάστημα: ~ 8 sec

Σχεδιασμός του πειράματος

Μήνυμα: 3 μέρη

- ✓ συγκεκριμένες συνθήκες
 - ✓ απόσταση
 - ✓ ενέργειες που απαιτούνται
-
- ανάκληση του μηνύματος στο τέλος κάθε δοκιμασίας
 - βαθμολογία 0 έως 3



Σχεδιασμός του πειράματος

Οδηγίες στους συμμετέχοντες

- ✓ Οδήγηση σύμφωνα με τους κανόνες κυκλοφορίας, ασφαλείς αποστάσεις από τα άλλα οχήματα.
- ✓ Σταθερή ταχύτητα στο μέγιστο όριο ταχύτητας.
- ✓ Αν αντιμετωπίζουν συνθήκες όπου θα έπρεπε να μειώσουν την ταχύτητα για να αποφευχθούν οι κίνδυνοι, οδήγηση με «τη μέγιστη ασφαλή ταχύτητα για τις συνθήκες».
- ✓ Πραγματοποίηση αλλαγής λωρίδας εάν στο προπορευόμενο όχημα ενεργοποιηθούν τα φώτα πέδησης μετά από αλλαγή λωρίδας κυκλοφορίας.
- ✓ Ανάγνωση πινακίδας (μηνύματος).

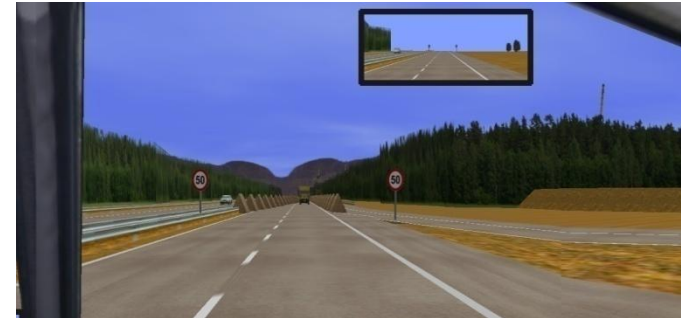
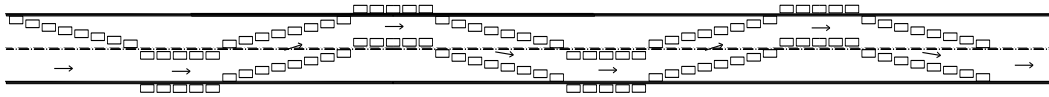
Δοκιμασία TC1- Επίπεδο Απαιτήσεων 1

- χαρακτηρίζεται από απαιτήσεις για τον **έλεγχο του οχήματος**, ο οδηγός ακολουθεί τα άλλα οχήματα



Δοκιμασία TC2- Επίπεδο Απαιτήσεων 2

- ο οδηγός πραγματοποιεί **ελιγμούς μεταξύ εμποδίων**



Δοκιμασία TC3- Επίπεδο Απαιτήσεων 3

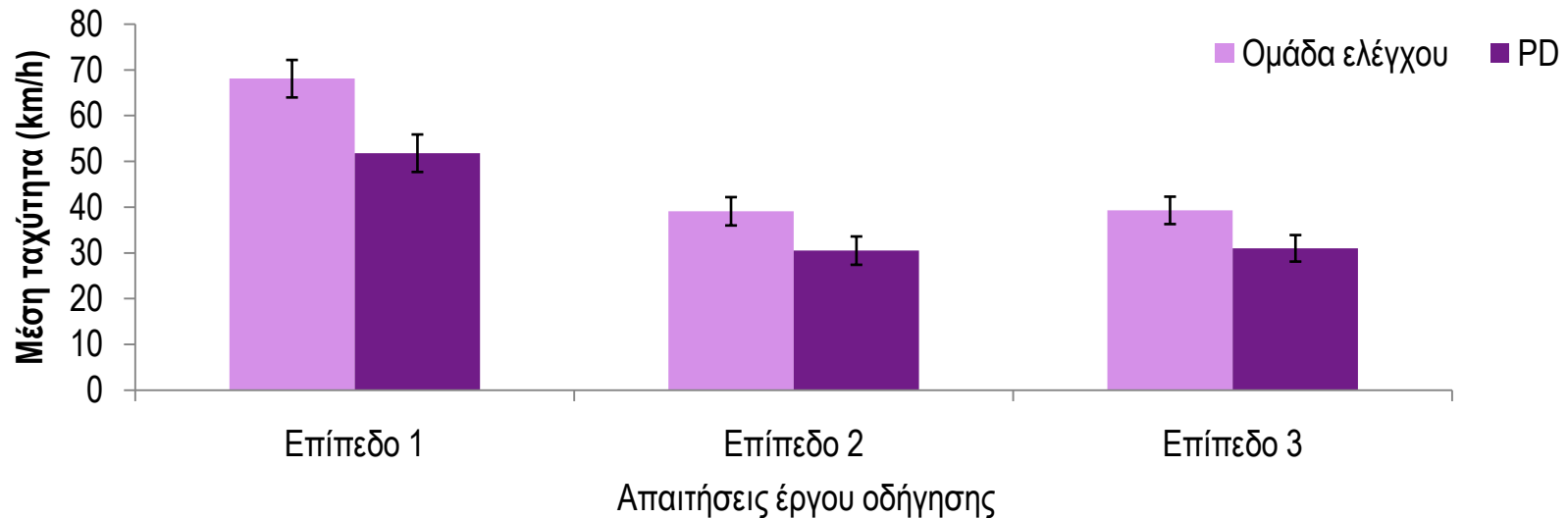
- ο οδηγός **πρέπει να αποφασίσει για την αλλαγή λωρίδας** ανταποκρινόμενος σε ένα **συγκεκριμένο ερέθισμα**: ενεργοποίηση των φώτων πέδησης του προπορευόμενου οχήματος



Ανάλυση δεδομένων

- **μέση ταχύτητα στις τρεις δοκιμασίες**
 - ✓ Επαλήθευση της διαφοροποίησης των απαιτήσεων οδήγησης στις 3 δοκιμασίες.
- **ανάκληση μηνύματος (recall scores)**
 - ✓ Εκτίμηση της επίδρασης στην ανάκληση του μηνύματος *της συμμετοχής σε ομάδα* (ομάδα PD/ ομάδα ελέγχου) και του *επιπέδου απαιτήσεων του έργου οδήγησης* που παρεμβάλλεται μεταξύ της παρουσίασης του μηνύματος και της ανάκλησής του.

Αμφίδρομη μικτή ανάλυση διασποράς- Μέση ταχύτητα (two-way mixed ANOVA)



- οι οδηγοί με PD έχουν χαμηλότερες ταχύτητες σε σχέση με τους οδηγούς της ομάδας ελέγχου ($F(1, 18) = 9.07, p = 0.008$)
- οι διαφορές στην ταχύτητα που σχετίζονται με το επίπεδο των απαιτήσεων ήταν στατιστικά σημαντικές ($F(1.32, 36) = 57.22, p < 0.001$)

ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΜΕΤΑΒΑΛΛΕΤΑΙ

- η μέση ταχύτητα στο επίπεδο απαιτήσεων 1 ήταν σημαντικά διαφορετική από ότι την ταχύτητα στο επίπεδα 2 και στο επίπεδο 3 ($p < 0.001$)

Πολυωνυμική παλινδρόμηση – πρόβλεψη ανάκλησης μηνύματος

Παράμετρος (Parameter)	B	Std. Error	Exp(B)	95% CI for Exp(B)		Hypothesis Test			
				Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.	
Κατώφλιο (Threshold)	Ανάκληση(score) =0	-1.93	0.94	0.14	0.02	0.91	4.26	1.00	0.04
	Ανάκληση(score) ≤1	-1.00	0.70	0.37	0.09	1.45	2.04	1.00	0.15
	Ανάκληση(score) ≤2	0.31	0.57	1.36	0.44	4.18	0.29	1.00	0.59
	Ομάδα ελέγχου	0.53	0.68	1.70	0.45	6.41	0.61	1.00	0.43
Ομάδα PD	0								
TC1-Επίπεδο απαιτήσεων1	0.72	0.48	2.05	0.79	5.29	2.19	1.00	0.14	
TC2-Επίπεδο απαιτήσεων2	0.89	0.42	2.44	1.07	5.60	4.46	1.00	0.03	
TC3-Επίπεδο απαιτήσεων3	0								

Γενικευμένη εκτιμητική εξίσωση (Generalized Estimating Equations)

- οι οδηγοί χωρίς νευρολογικές παθήσεις ήταν πιο πιθανό να έχουν καλύτερες επιδόσεις από τους οδηγούς με PD (μη στατιστικά σημαντική τάση)
- οι επιδόσεις στην ανάκληση μηνύματος ήταν πιο πιθανό να είναι υψηλότερη στη δοκιμασία TC1 σε σχέση με τη δοκιμασία TC3 (μη στατιστικά σημαντική τάση)
- η επίδοση στην ανάκληση του μηνύματος ήταν πιο πιθανό να είναι υψηλότερη στη δοκιμασία TC2 σε σχέση με τη δοκιμασία TC3 (στατιστικά σημαντική τάση)

Σχέση μεταξύ μνήμης εργασίας και νόσου του Πάρκινσον

Συμπεράσματα

- Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η επίδοση στην ανάκληση μηνύματος ήταν πιο πιθανό να μειωθεί με την αύξηση των απαιτήσεων του έργου οδήγησης.
- Η διαφορά αυτή ήταν στατιστικά σημαντική, όταν η μεταβολή των απαιτήσεων συνδέθηκε με γνωστικό έργο (απόφαση, πραγματοποίηση ελιγμού αλλαγής λωρίδων).
- Οι ηλικιωμένοι οδηγοί μπορεί να έχουν πρόβλημα όταν παρουσιάζονται **νέες πληροφορίες** (VMS, in-car visual display) που θα πρέπει να συγκρατήσουν και να χρησιμοποιήσουν μετά από κάποιο χρονικό διάστημα οδήγησης, όσο οι απαιτήσεις οδήγησης αυξάνονται (πολύπλοκη χάραξη, συχνές αποφάσεις, προσαρμογή σε νέες συνθήκες).

Σχέση μεταξύ μνήμης εργασίας και νόσου του Πάρκινσον

Περιορισμοί της έρευνας

- Οι οδηγοί με PD ήταν πιο πιθανό να έχουν μειωμένη επίδοση στην ανάκληση μηνύματος σε σχέση με οδηγούς χωρίς παθήσεις με παρόμοια δημογραφικά χαρακτηριστικά.
- Η απουσία στατιστικά σημαντικής διαφοράς μπορεί να οφείλεται στο μικρό δείγμα.
- Δεν διερευνήθηκε η επίδραση των ατομικών χαρακτηριστικών όπως η εμπειρία οδήγησης και το επίπεδο των λειτουργικών ικανοτήτων των οδηγών στην επίδοση στην ανάκληση μηνύματος.
- Σύνδρομο προσαρμογής στον προσομοιωτή σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας.

Σχέση μεταξύ μνήμης εργασίας και νόσου του Πάρκινσον

Μελλοντική έρευνα

- Διερεύνηση της επίδρασης των ατομικών διαφορών και των μεταβαλλόμενων απαιτήσεων των οδικών συνθηκών, και της αλληλεπίδρασης τους στον έλεγχο του οχήματος.
- Θα ήταν σημαντικό να εξετασθεί εάν η δοκιμασία μνήμης εργασίας μπορεί να διακρίνει αυτούς που οδηγούν με ασφάλεια από τους οδηγούς που δεν έχουν ασφαλείς επιδόσεις σε πραγματικό περιβάλλον οδήγησης.
- Η προσομοίωση οδήγησης σε συνδυασμό με δοκιμασίες φυσικών-σωματικών, οπτικών και γνωστικών ικανοτήτων, μπορεί να είναι μέρος ενός πολυεπίπεδου συστήματος για την αξιολόγηση της ικανότητας οδήγησης.





Διερεύνηση της σχέσης μεταξύ μνήμης εργασίας και της νόσου του Πάρκινσον σε προσομοιωτή οδήγησης

Σοφία Βαρδάκη, Γιώργος Γιαννής, Κώστας Αντωνίου, Δημοσθένης Παύλου

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Ίων Μπεράτης, Νικόλαος Ανδρονάς, Σωκράτης Παπαγεωργίου

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Τομέας Μεταφορών & Συγκοινωνιακής Υποδομής